

TARTU ÜLIKOOL  
MATEMAATIKA-INFORMAATIKATEADUSKOND

Arvutiteaduse instituut

Informaatika eriala

**Silver Mazko**

**LEGO Mindstorms EV3 komplektiga ühilduv kompassandur**

Bakalaureusetöö (9 EAP)

Juhendajad: Anne Villems

Taavi Duvin

Alo Peets

Tartu 2015

# **LEGO Mindstorms EV3 komplektiga ühilduv kompassandur**

## **Lühikokkuvõte:**

Käesoleva bakalaureusetöö eesmärgiks on koostada eestikeelne õppematerjal LEGO Mindstorms NXT ja EV3'ga ühilduval firmal Dexter Industries poolt loodud kompassandurile. Andurit saab kasutada LEGO Mindstorms roboti juhtimiseks maa magnetvälja suhtes. Töö koosneb kolmest osast. Esimeses osas tutvustatakse erinevaid tüüpe kompasid, selgitatakse magnetkompasside tööpõhimõtteid ning antakse ülevaade magnetomeetritest. Teises osas tutvustatakse firmal Dexter Industries poolt toodetud kompassandurit ning selgitatakse selle kasutamist koos LEGO Mindstorms EV3 komplektiga ja selle programmeerimist EV3 arenduskeskkonnas. Kolmandas osas on esitatud kompassandurile erineva raskustasemega ülesanded koos lahendustega.

## **Võtmesõnad:**

LEGO Mindstorms EV3, kompassandur, robotika, Dexter Industries

# **LEGO Mindstorms EV3 compatible compass sensor**

## **Abstract:**

The aim of this bachelor thesis is to introduce the Dexter Industries' compass sensor for LEGO Mindstorms EV3 robotics set and create material in Estonian intended for teachers to help with robotics activities. This thesis is composed of three parts. The first part gives an overview of different types of compasses and magnetometers, and explains how magnetcompasses work. The second part of the thesis introduces the Dexter Industries' compass sensor. Sensor specifications and instructions on how to connect and program the sensor in the EV3 programming environment are given. The third part has exercises of different difficulty levels along with the solutions.

## **Keywords:**

LEGO Mindstorms EV3, compass sensor, robotics, Dexter Industries

# Sisukord

|   |    |
|---|----|
| 1. Sissejuhatus .....   | 4  |
| 2. Kompassi ülevaade .....  | 6  |
| 2.1 Magnetkompass .....   | 7  |
| 2.2 Magnetomeeter .....   | 11 |
| 3. Dexter Industries' digitaalse kompassanduri kasutamine LEGO Mindstorms EV3 robotiga .. | 14 |
| 3.1 Dexter Industries' digitaalne kompassandur .....                                      | 14 |
| 3.2 Dexter Industries' kompassanduri kasutamine LEGO Mindstorms EV3 baaskomplektiga       | 15 |
| 3.3 Dexter Industries' kompassanduri ploki kasutamine EV3 arenduskeskkonnas .....         | 19 |
| 4. Ülesanded Lego Mindstorms EV3 ja firma Dexter Industries kompassanduriga .....         | 20 |
| 4.1 Ülesanne 1 - Kompassanduri testimine .....  | 20 |
| 4.2 Ülesanne 2 - Kompassanduri kraadide kuvamine ekraanile .....                          | 22 |
| 4.3 Ülesanne 3 - Kompassanduri tagastatud suunaga aritmeetiliste tehete tegemine .....    | 23 |
| 4.4 Ülesanne 4 - Ekraanile sobiva ilmakaare suuna kuvamine .....                          | 24 |
| 4.5 Ülesanne 5 - Roboti liigutamine mängija soovitud suunda .....                         | 28 |
| 4.6 Ülesanne 6 - Roboti suuna ära arvamine .....  | 32 |
| 5. Kokkuvõte .....  | 35 |
| 6. Kasutatud kirjandus .....  | 36 |
| Lisad .....   | 39 |
| I. Tööga kaasas olevate ülesannete lahenduste failid .....                                | 39 |
| II. Litsents .....  | 40 |

# 1. Sissejuhatus

Koolihariduse üks levinumaid probleeme on õpilaste ükskõiksus reaalinete suhtes. Põhjuseid selleks on palju, näiteks on reaalsed õpilaste arvates liiga kuivad ning teoreetilised. Kuna arvatakse, et väljaspool kooli ei lähe omandatud teadmisi vaja, ei hoolita nendest ainetest eriti palju. Seetõttu valib vähem noori tehnoloogiaerialasid edasiõppimiseks ning on suurem tung humanitaarerialadele. Tagajärjena on tekkinud paljudes riikides tööjõu puudus infotehnoloogia sektoris. Õpilaste huvi tõstmiseks reaalinete vastu on proovitud mitmeid projekte, millest üks tuntumaid on Kooliroboti projekt.

Alustatud 2007. aastal eesmärgiga tutvustada inseneriteadusi Eesti koolidele, õpetatakse Kooliroboti projekti raames Eesti koolidele, kuidas LEGO Mindstorms roboteid kasutada. LEGO Mindstorms on firma LEGO poolt välja lastud programmeeritav robotika komplektide sari, millega saab erinevaid ülesandeid lahendada. Nende abil proovitakse reaalinete ja programmeerimise õpetamine huvitavamaks ja praktilisemaks muuta. LEGO Mindstorms robotitele on võimalik ühendada erinevad andurid, millest mõned, nagu näiteks värviandurid, on juba kaasas baaskomplektides. Lisaks LEGO-le toodavad andureid robotitele ka teised firmad.

LEGO Mindstorms EV3 on LEGO Mindstorms robotite kolmas generatsioon. EV3 lasti välja 2013. aastal ning kuigi tehnilisel poolel on EV3 robotid paremad kui eelmised, ei leidu EV3 robotite ja nende andurite jaoks piisavalt eestikeelseid õppematerjale nende kasutamise kohta. Lisaandurite informatsioon on enamasti inglise keeles ja liiga tehniline.

Antud töö eesmärk on luua õppematerjalid firma Dexter Industries poolt toodetud LEGO Mindstorms EV3 kompassandurile. Töö käigus antakse ülevaade kompassidest ja magnetomeetritest. Tutvustatakse ka kompassanduri tööpõhimõtet ning kasutamisevõimalusi LEGO Mindstorms EV3 komplektiga. Samuti on koostatud ka erineva raskustasemega ülesanded, mille lahendamiseks tuleb kompassandurit kasutada.

Töö koosneb kolmest osast. Esimeses osas tutvustatakse erinevaid tüüpe kompasid, selgitatakse magnetkompasside tööpõhimõtte ning antakse ülevaade magnetomeetritest. Teises osas

tutvustatakse firma Dexter Industries poolt toodetud LEGO Mindstorms EV3 kompassandurit ning selgitatakse selle programmeerimist. Kolmandas osas on esitatud kompassandurile erineva raskustasemega ülesanded koos lahendustega.

## 2. Kompassi ülevaade

Käesolevas peatükis selgitatakse kompassi mõiste, lühiajalugu ning tutvustatakse erinevaid tüüpe kompasse ning selgitatakse nende tööpõhimõtteid.

Kompass on navigatsiooniline mõõteriist ilmakaarte määramiseks. Abistamiseks navigeerimist on kompassile tavaliselt joonistatud kompassiroos, mis näitab ilmakaarte asendit kompassi suhtes.

Enne kompasside kasutuselevõtmist navigeerimisvahendina, kasutati navigeerimiseks peamiselt maamärke ja taevakehade asukohti. Arvatakse, et kompass võeti esimesena kasutusele Hiinas neljandal sajandil e.m.a ning algselt kasutati seda ehitiste joondamiseks [1]. Kompasside kasutuselevõtt navigeerimisvahendina võimaldas suuna kindlaks tegemist ka siis, kui taevas oli pilvine. See lubas laevadel ohutumalt maalt kaugemale sõita. Niimodi sai kaubandussidemeid arendada kaugemate maadega, mis suurendas merekaubandust. Tänapäeval kasutavad kompasse peamiselt need, kes peavad avamaastikul või veekogul orienteeruma - matkajad, laevade meeskonnad, militaarväed jms.

Kompasse on erinevaid tüüpe. Kõige laialdasemalt kasutatud kompassi tüüp on magnetkompass, mis näitab ilmakaarte suundi Maa magnetilise põhjapooluse suhtes ja mida tutvustatakse lähemalt punktis 2.1. On olemas ka mitte-magneetilisi kompasse, nagu gürokompass (vt. Joonis 1) ehk vurrkompass. Gürokompassi kasutatakse mingi geograafilise suuna leidmiseks [2]. Gürokompass töötab tänu kiiresti pöörlevale kettale ja Maa pöörlemisele. Reisi alguses fikseeritakse gürokompassil magnetkompassiga põhja suund ning elektriline mootor gürokompassis säilitab ketta pöörlemise [3]. Tänu kehade omadusele oma liikumissuunda säilitada ning sellele, et ketas saab vabalt oma asendit muuta, säilitabki ketas oma algse liikumissuuna, ükskõik kuidas seda ümbritsevat kera pöörata [4]. Gürokompassi kasutatakse peamiselt laevadel ning lennukites. Lennukis ei suudaks magnetkompass end piisavalt ruttu pidevalt suure kiiruse tõttu põhja suunda orienteerida, laevadel aga ei mõjuta laeva metallist kere gürokompassi, erinevalt magnetkompassist [4].



Joonis 1. Gürokompassi läbilõige [5].

Orienteerumisspordi jaoks, kus on oluline kiirus, on olemas ka võistluskompassid, mis on stabiilsemad ja määravad suunda kiiremini, enamasti vähem kui ühe sekundiga [1].

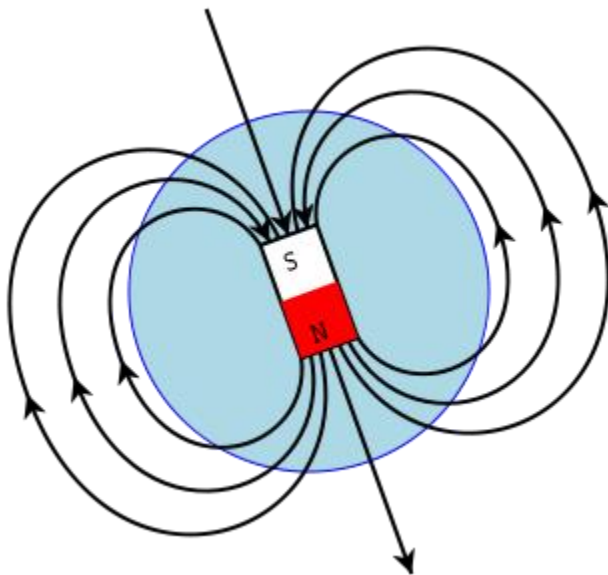
Käesolevas punktis tutvustati kompasid üldiselt. Järgnevas punktis antakse ülevaade magnetitest, magnetväljast ning magnetkompassist.

## 2.1 Magnetkompass

Magnetiks nimetatakse materjali, mis tekitab enda ümber magnetvälja. Magnetväli pole inimeste poolt nähtav. Magnetitel eristatakse põhja- ja lõunapoolused. Magneti põhjapooluseks nimetatakse seda poolt, mis pöörduv Maa geograafilise põhjapooluse poole [6]. Magnetväli mõjutab teisi magneteid, mispärast magnetite samanimelised poolused tõukuvad ja erinimelised tõmbuvad. Magnet tõmbab enda poole ka tema läheduses olevaid rauatükke, mille tagajärjel need magnetiseeruvad ehk muutuvad võimeliseks teisi rauast tehtud objekte ligi tõmbama [7].

Ka Maad ümbritseb magnetväli (vt. Joonis 2), mis tuleneb Maa seesmistest füüsikalistest protsessidest [8]. Maa magnetväli maapinnal ei ole väga tugev, mille tõttu peab magnetkompassi magnetiseeritud nõel olema kerge ning vähest hõõrdejõudu tekitava teraviku peal; muidu poleks magnetväli piisavalt tugev, et nõela suunata [9].

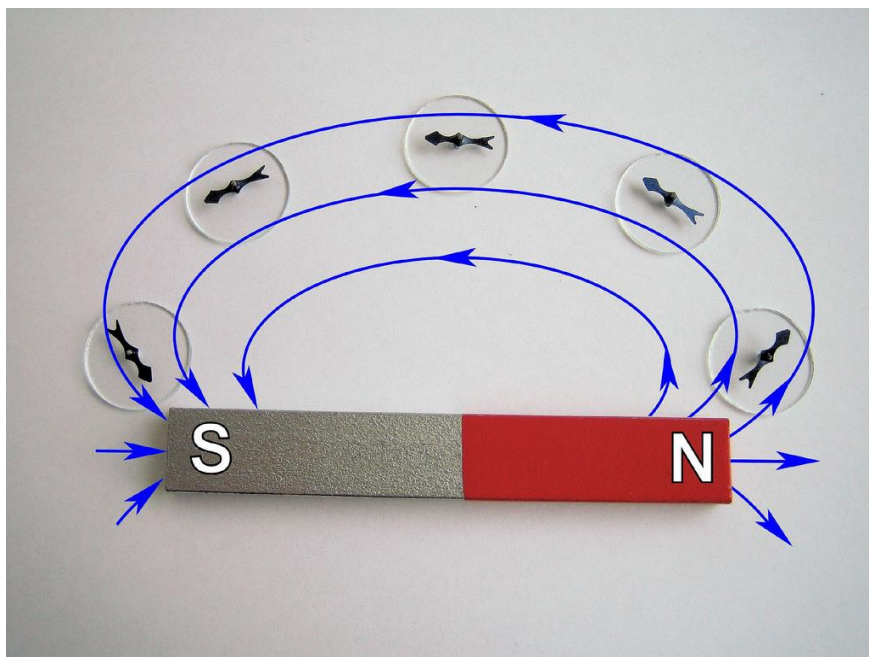
Kuigi magnetite samad poolused tõukuvad, tõmbab Maa magnetiline põhjapoolus ligi magnetite põhjapoolust. Põhjuseks on see, et varasemal ajal otsustati kutsuta suunda, kuhu magnetkompassi nõel osutab, põhjapooluseks. Maa magnetiline põhjapoolus on tegelikult Maa magnetvälja lõunapoolus ning Maa magnetiline lõunapoolus on Maa magnetvälja põhjapoolus [10]. Maa magnetiline põhjapoolus asub geograafilisest põhjapoolusest umbes 1500 km lõuna pool, Kanada ranniku lähedal [7]. Magnetilise põhjapooluse geograafiline asukoht muutub aja möödudes Maa välistuumas toimuvate muutuste tõttu, liikudes tänapäeval Venemaa poole 55-60 km aastas [11] [12].



Joonis 2. Maakera ning teda ümbritsev magnetväli, magnetvälja allikas on esindatud magnetina. Geograafiline põhi on joonise ülemine osa, lõuna on alumine osa [13].

Magnetvälja visualiseerimiseks joonistatakse suunatud nooled (*jõujooned*) magneti ümber (vt. Joonis 3). Selleks mõõdetakse magnetvälja jõud ja suund erinevates kohtades. Seejärel joonistatakse igasse asukohta nooled suunatud mõõdetud suunas [14].





Joonis 3. Magneti magnetväli, jõujoonte suund on esitatud kompassi nooltega [15].

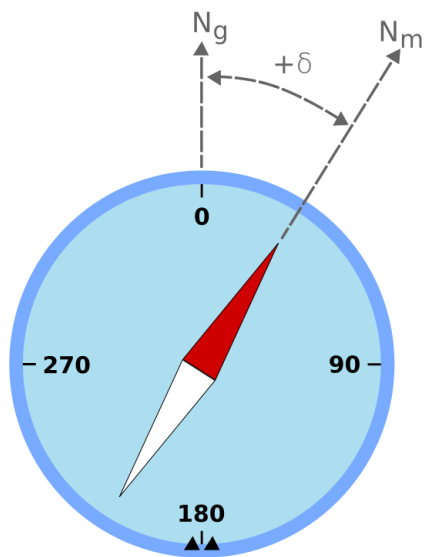
Magnetkompass (vt. Joonis 4) on kõige tuntum kompassi tüüp ning näitab suunda Maa magnetilise põhjapooluse poole [16]. Magnetkompasside korpused on kaetud klaasiga ning neil on magnetiseeritud nõel, mis on pandud madalat hõõrdejõudu tekitava teraviku peale, et see saaks kergesti pöörata. Kompassi korpus on varustatud ringskaalaga, millel olevad numbrid tähistavad kraade nii, et ring jaotub 360 kraadiks. Kindlatele nurkadele vastavad ilmakaared. Põhja suunale vastab  $0^\circ$ , ida suunale  $90^\circ$ , lõuna suunale  $180^\circ$  ja lääne suunale  $270^\circ$  [16].



Joonis 4. Magnetkompass [17].

Kui magnetkompassi hoitakse horisontaalselt maapinna suhtes, pöörduv nõel piki Maa magnetvälja jooni, kuni ta on stabiliseerunud ning üks ots osutab magnetilise põhjapooluse poole ning teine osutab magnetilise lõuna poole. Kompassinõela põhjapoolusele osutav ots on alati märgistatud mingit viisi, nt. värvitud punaseks. Kuna magnetkompass töötab Maa magnetvälja abil, siis kompassi kasutamise ajal tuleb magnetid ja muud metallist esemed, mis võivad kompassi tööd häirida, kompassi lähedusest eemaldada.

Maa magnetiline põhjapoolus ei ühti geograafilise põhjanabaga, mis võib kindlates piirkondades põhjustada seda, et magnetkompass osutab geograafilise põhjapooluse asemel valesse suunda. Seda nimetatakse deklinatsiooniks ehk nurgaks geograafilise põhjasuuna ja magnetilise põhja vahel [1]. Nurk on positiivne kui magnetiline põhjapoolus on geograafilisest põhjapoolusest läänes (vt. Joonis 5) ning negatiivne kui nurk on geograafilisest põhjapoolusest idas. Deklinatsioon on maailma eri piirkondades erinev ning magnetilise põhjapooluse liikumise tõttu muutub aja möödudes [1]. Deklinatsioon on kõige suurem magnetilise põhjapooluse läheduses, sel põhjusel rännates nendes piirkondades kasutatakse magnetkompasside asemel teisi kompassi tüüpe.

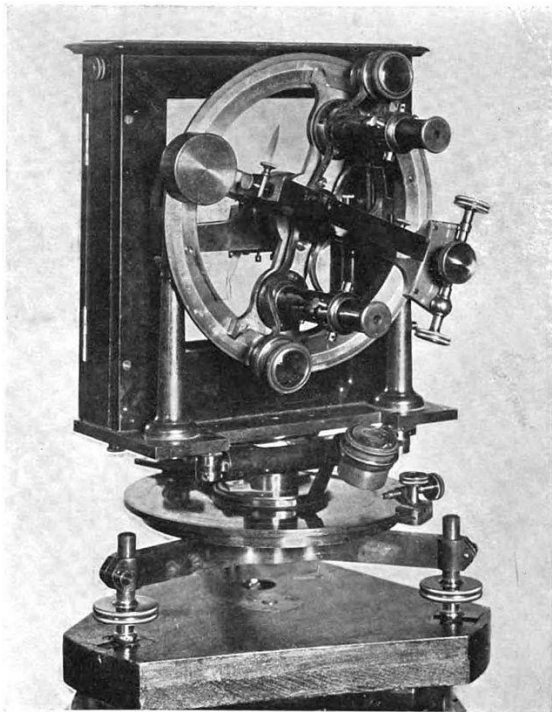


Joonis 5. Näide magnetilisest deklinatsioonist.  $N_g$  on suund geograafilise põhjapooluse ning  $N_m$  magnetilise põhjapooluse poole. Nende vaheline nurk  $\delta$  on (positiivne) magnetiline deklinatsioon [18].

Selles punktis tutvustati magnetkompassi ning sellega seotud füüsilisi nähtusi, järgnevas punktis antakse ülevaade magnetomeetrist.

## 2.2 Magnetomeeter

Magnetomeeter (vt. Joonis 6) on mõõtmisvahend, millega mõõdetakse magnetväljade tugevust ning suunda. Magnetomeetreid on kahte tüüpi. Vektoriaalsed magnetomeetrid mõõdavad magnetvälja suunda ning tugevust, skalaarsed magnetomeetrid mõõdavad ainult magnetväljade tugevust ning on täpsemad [19].



Joonis 6. 19. sajandil kasutuses olnud magnetomeeter [20].

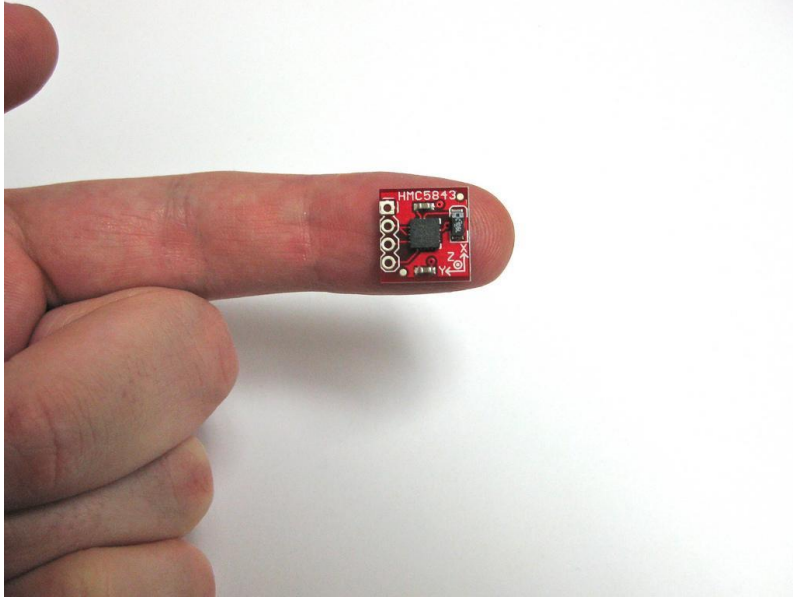
Magnetomeetreid jagatakse erinevatesse kategooriatesse sõltuvalt nende kasutusalast. Magnetomeetrid võivad olla statsionaarsed ehk nad töötavad ainult siis kui on paigaldatud mingile kohale, või mobiilsed, ehk töötavad ka liikumise ajal [19].

Magnetomeetrite omadusi kirjeldatakse tehniliste kirjelduste abil, millest põhilisemad on näitude võtmise kiirus (ing. k. *sample rate*), ülekandekiirus (ing. k. *bandwidth*) ning resolutsioon [20]. Näitude võtmise kiirus on sekundis mõõdetud mõõtmiste arv ning on tähtis mobiilsetes

magnetomeetrites - liikumise aeglustamine tõstab saadud andmete täpsust. Resolutsioon on väikseim muutus magnetväljas, mida magnetomeeter tajub. Resolutsioon ja näitude võtmise kiirus on vastupidiselt seotud - mida kõrgem on näitude võtmise kiirus, seda madalam on magnetomeetri resolutsioon [20]. Ülekandekiirus iseloomustab kui hästi magnetomeeter jälgib kiireid muutusi magnetväljas.

Magnetomeetrite kasutusala on mitmekesine. Magnetomeetreid kasutatakse metallidetektoritena, maavarade uuringutes maagi leidmiseks ning ka arheoloogias arheoloogiliste alade, hukkunud laevade jms leidmiseks [21]. Sõltuvalt vajadustest võib neid alla lasta puuraukudesse või ühildada ning kasutada lennukitega, helikopteritega või kosmoseaparaatidega. Sõjaväes kasutatakse magnetomeetreid allveelaevade avastamiseks, mille tõttu tundlikumad magnetomeetrid on mõnede riikide (nt. USA, Kanada) poolt klassifitseeritud sõjatehnoloogiana [21].

Magnetomeetrid on suudetud tänapäeval nii väikesteks muuta (vt. Joonis 7), et neid saab odavalt lisada elektroonilistele seadmetele. Tänu sellele on paljudes nutitelefonides ning teistes kaasaegsetes elektroonilistes seadmetes olemas kompassi funktsioon. Magnetomeetrite poolt saadud andmed edastakse seadme protsessorile, mis arvutab andmete põhjal korrektset suunda ning väljastab selle ekraanile.



Joonis 7. Modernne magnetomeeter inimese näpul [22].

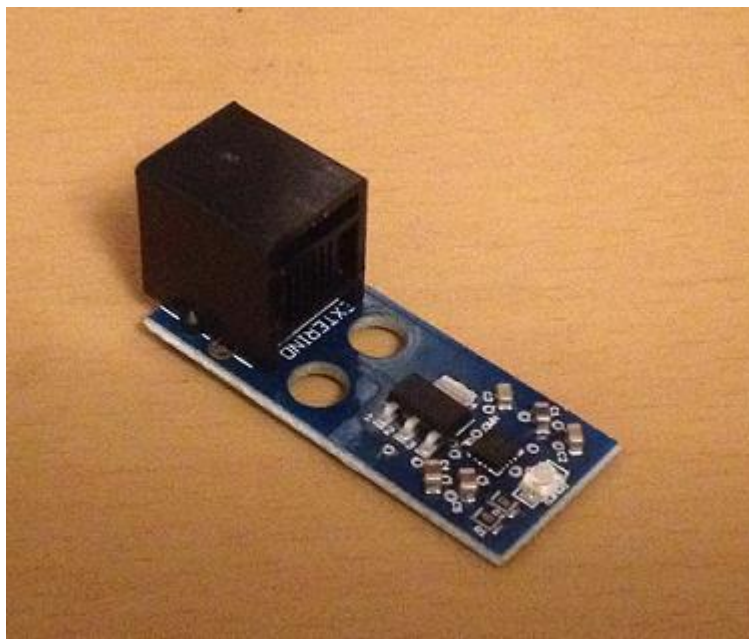
Selles punktis tutvustati magnetomeetreid üldiselt. Järgmises peatükis vaadatakse lähemalt, kuidas firma Dexter Industries kompassandurit ning LEGO Mindstorms EV3 komplekti saab koos kasutada.

### **3. Dexter Industries' digitaalse kompassanduri kasutamine LEGO Mindstorms EV3 robotiga**

Käesolevas peatükis vaadatakse lähemalt firma Dexter Industries kompassandurit ning selle kasutamist Lego Mindstorms EV3 robotikaplatvormiga. Antakse ülevaade anduri tehnilistest andmetest, selle füüsilisest ühendamisest EV3 robotiga ning selle programmeerimisest EV3 arenduskeskkonnas.

#### **3.1 Dexter Industries' digitaalne kompassandur**

Firma Dexter Industries kompassandur (vt. Joonis 8) on LEGO Mindstorms NXT ja EV3 robotiga ühilduv andur, mis tuvastab magnetvälju. Kasutades magnetomeetrit on andur võimeline mõõtma Maa magnetvälja ja tagastama kraadides anduri suunda magnetilise põhjapooluse suhtes. Andur tagastab suuna kraadidena vahemikus -179 kuni 180, kus 0° on suund magnetilise põhjapooluse ning 180° on suund magnetilise lõunapooluse poole. Sõltuvalt asukohast, kus andurit kasutatakse, tuleb meeles pidada deklinatsiooni. Eestis on deklinatsioon ainult umbes +5 kraadi ehk ei mõjuta andurit väga palju.



Joonis 8. Firma Dexter Industries digitaalne kompassandur.

Kompassandur sisaldab firma Honeywell magnetomeetrit HMC5883L. Andur mõõdab suuna arvutamiseks vajalike andmeid iga 13 millisekundi tagant ning arvutab suunda 1-2° täpsusega. Anduri keskmine energiatarve on 1 mA [23].

Selles punktis anti lühiülevaade firma Dexter Industries kompassandurist. Järgnevas punktis vaadatakse, kuidas kasutada seda andurit LEGO Mindstorms EV3 baaskomplektiga.

### **3.2 Dexter Industries' kompassanduri kasutamine LEGO Mindstorms EV3 baaskomplektiga**

Firma Dexter Industries kompassanduri ühendamiseks EV3 robotiga tuleb ühendada see LEGO Mindstorms standardse kaabliga vabalt valitud EV3 juhtploki anduriporti (vt. Joonis 9). Roboti külge saab kompassandurit kinnitada kasutades LEGO komplektis olevaid klotse, kinnitamise jaoks on anduril olemas kaks kinnituskohta. Kinnitamisel tuleb jälgida, et andur paikneks maapinna suhtes horisontaalselt, et see suudaks korrektselt mõõta Maa magnetvälja. Andurit pole soovitatav kinnitada EV3 juhtplokkile liiga lähedale, kuna see võib mõjutada anduri poolt tagastatud andmeid. Soovitatav kaugus on umbes 15 cm juhtplokist. Kui kompassandur on ühendatud ja EV3 juhtplokk sisse lülitatud, peaks anduril sinine LED tuli põlema.

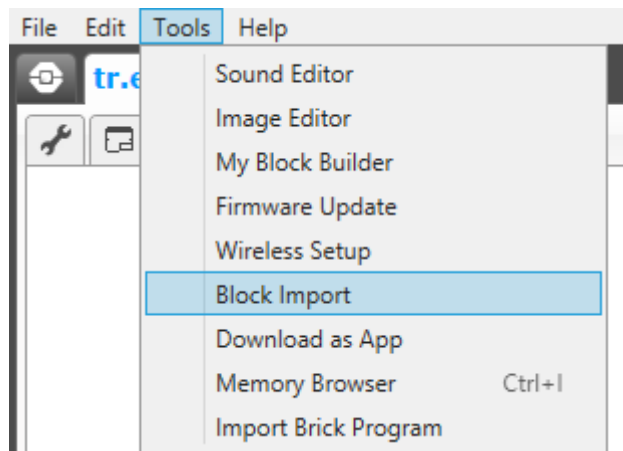


Joonis 9. LEGO klotsile kinnitatud kompassanduri ja EV3 juhtploki ühendus.

Enne kompassanduri kasutamist tuleb alla laadida EV3 arenduskeskkond, kus seda saab programmeerida, ning selle tarkvaraga ühilduv anduri fail. Selleks tuleb teha järgmised sammud:

1. Sobivale operatsioonisüsteemile on vajalik alla laadida ning installeerida EV3 arenduskeskkonna tarkvara, mis on kättesaadav firma Lego leheküljelt [24].
2. Kompassanduri ploki lisamiseks EV3 arenduskeskkonda tuleb alla laadida anduri tarkvara. Vajalik fail on kättesaadav firma Dexter Industries koduleheküljelt [25].
3. Allalaetud fail tuleb EV3 keskkonda importida, milleks tuleb EV3 tarkvaras “Tools” menüüst valida “Block Import“ (vt. Joonis 10).

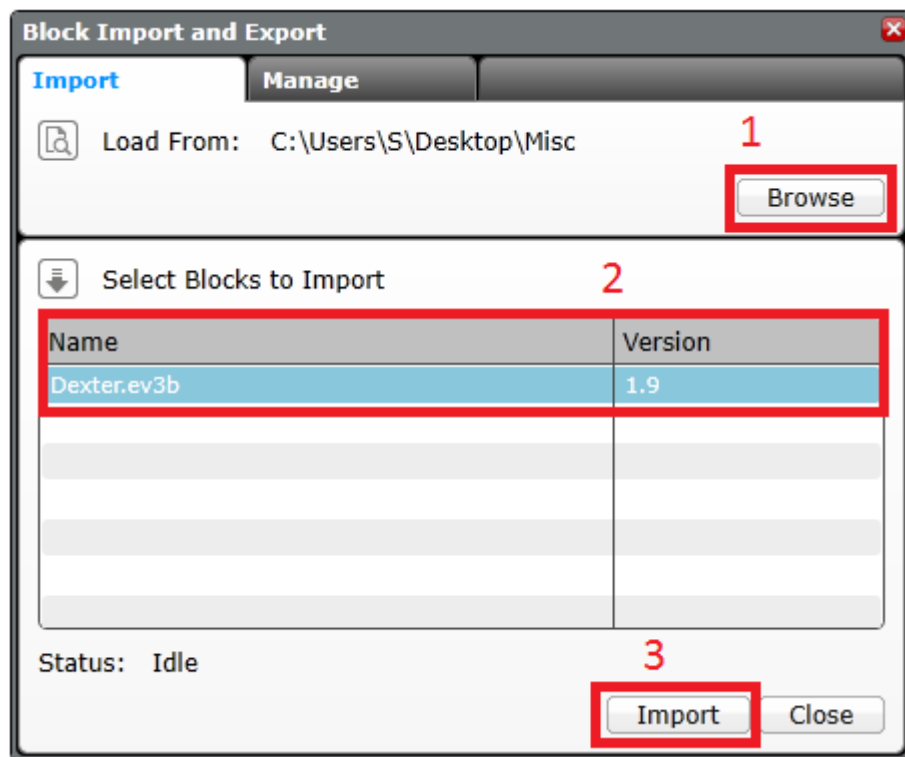




Joonis 10. EV3 arenduskeskkonnas ploki importimise alustamine.

Kompassanduri EV3 ploki importimiseks tuleb Block Import aknas (vt. Joonis 11) leida asukoht, kus vajalik fail asub, valida see ning importida. Selleks tuleb teha järgmised sammud:

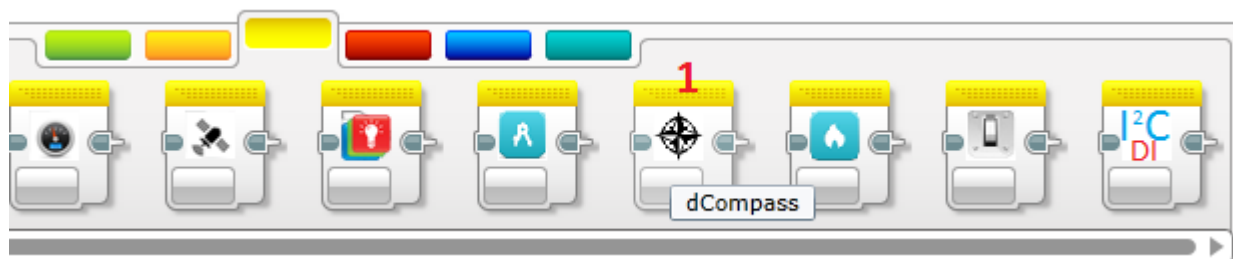
1. Browse nupu (joonisel 11 märgistatud 1) alt navigeerida kausta, kus fail *Dexter.ev3b* asub ning valida see.
2. Plokkide loendis valida sinna pärast sammu 1 tekkiv plokk *Dexter.ev3b* (joonisel 11 märgistatud 2).
3. Vajutada nupule Import (joonisel 11 märgistatud 3) ploki importimiseks.
4. Taaskäivitada EV3 arenduskeskkond.



Joonis 11. Ploki importimise menüü.

- 1 - Nupp “Browse”.
- 2 - Plokkide loend, kuhu valitud failid tekivad.
- 3 - Nupp “Import”.

Pärast edukat ploki importi on see leitav EV3 arenduskeskkonnas sensorite alt (vt. Joonis 12), sealt saab valida kompassanduri ploki (joonisel 12 märgistatud 1).



Joonis 12. Sensorite plokide menüü EV3 arenduskeskkonnas .

- 1 - Kompassanduri plokk.

Selles punktis selgitati, kuidas firma Dexter Industries kompassandurit kasutada LEGO Mindstorms EV3 baaskomplektiga. Järgmises punktis vaadatakse lähemalt anduri kasutamist EV3 arenduskeskkonnas.

### 3.3 Dexter Industries' kompassanduri ploki kasutamine EV3 arenduskeskkonnas

Firma Dexter Industries kompassanduri programmeerimiseks EV3 arenduskeskkonnas tuleb eelkõige luua uus projekt. Uue projekti loomiseks tuleb EV3 arenduskeskkonnas ülemise menüüriba alt valida "*File*" ning selle alt "*New Project*". Kompassanduri ploki kasutamiseks tuleb sensorite alt plokk "*dCompass*" lohistada EV3 arenduskeskkonnas eelvenalt loodud projekti programmeerimisalale. Plokk (vt. Joonis 13) võimaldab valida EV3 juhtploki pordi, kuhu andur on ühendatud (joonisel 13 märgistatud 1) ning lugeda ja edastada kraadides anduri suunda Maa magnetilise põhjapooluse suhtes (joonisel 13 märgistatud 2).



Joonis 13. Kompassanduri plokk EV3 keskkonnas.

- 1 - Pordi number, kuhu andur on ühendatud.
- 2 - Mõõtmisel saadud magnetilise suuna väärtuse ühenduskoht.

Kompassandurit on võimalik kasutada mitmel huvitaval viisil. Järgmises peatükis ongi välja toodud erinevate raskusastmetega ülesanded, mida saab kompassanduriga lahendada.

## 4. Ülesanded Lego Mindstorms EV3 ja firma Dexter Industries kompassanduriga

Käesolevas peatükis on esitatud mõned ülesanded, mille lahendamiseks on vaja kasutada firma Dexter Industries kompassandurit. Ülesannetes on välja toodud nende püstitus, raskustase, vajalikud vahendid, näidislahendus ning tekkida võivad probleemid. Ülesannete eesmärk on kompassanduri ning EV3 arenduskeskkonna kasutamise õppimine ning üldise loogilise mõtlemise ja algsete programmeerimisoskuste arendamine. Ülesanded on esitatud keerukuse suurenemise järjekorras.

### 4.1 Ülesanne 1 - Kompassanduri testimine

**Tase:** Väga lihtne

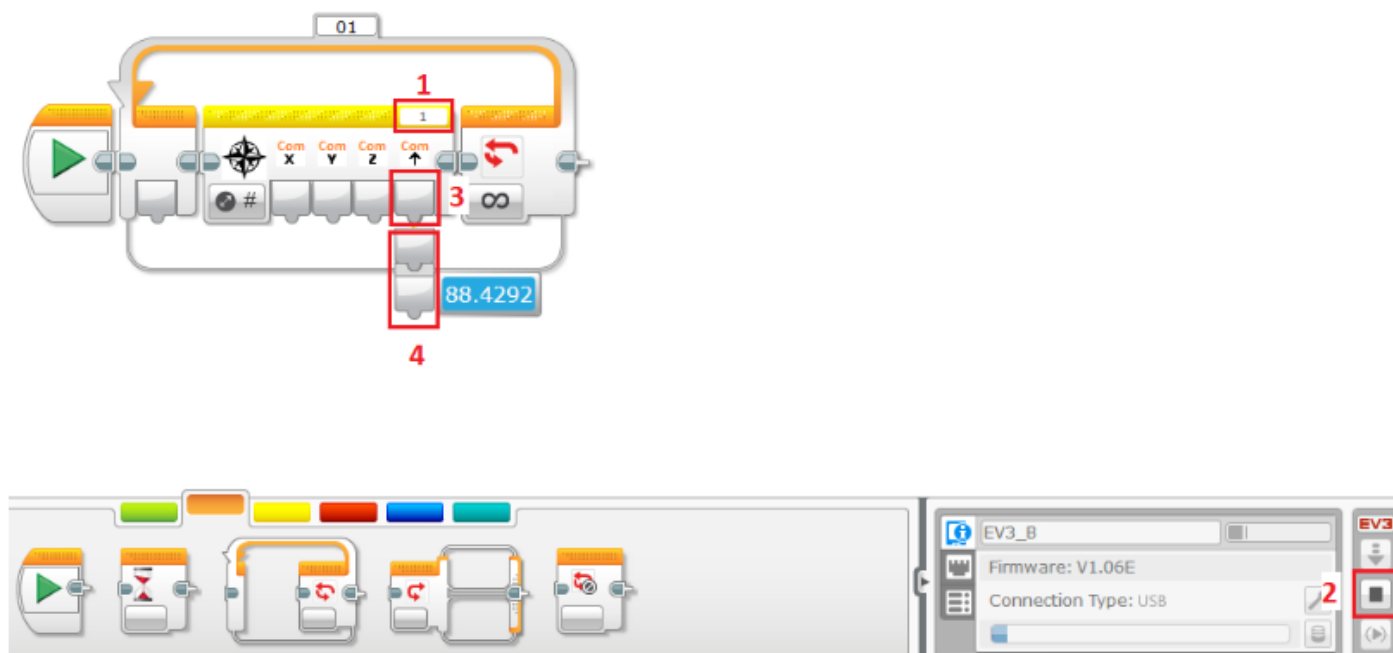
**Ülesande täitmiseks vajalikud vahendid:**

- LEGO Mindstorms EV3 juhtplokk
- Firma Dexter Industries kompassandur
- Kaablid anduri ja juhtploki ühendamiseks
- EV3 arenduskeskkonna tarkvara arvutis

**Ülesande püstitus:** Ühendada kompassandur EV3 juhtploki vahendusel arvutiga ning kontrollida, kas andur töötab ning kuvab saadud andmed arvutis

**Lahendus:** Kompassandur tuleb ühendada EV3 juhtploki külge LEGO Mindstorms EV3 standardse kaabli abil. EV3 juhtploki ühendamiseks arvutiga on vajalik USB-MiniUSB kaabel. Pärast seda tuleb arvutis käivitada EV3 arenduskeskkond ning luua uus programm. Need algsed ühendused tuleb teha iga ülesande alguses. Pärast programmi loomist tuleb lohistada tsükli (ing. k. *loop*) plokk programmeerimisalale, ühendades seda algus plokkiga. Tsükli plokk leidub “*Flow Control*” kategooria alt. Tsükli ploki sisse tuleb lohistada kompassanduri plokk (vt. Joonis 14). Anduri plokkil tuleb valida, mis porti on andur ühendatud (joonisel 14 märgistatud 1), vaikimisi on valitud 1. port. Programmi jooksumiseks tuleb vajutada “*Download and Run*” nupule

(joonisel 14 märgistatud 2). Anduri mõõdetud suuna vaatamiseks tuleb liigutada hiir üle tagastatud suuna ühenduskoha (joonisel 14 märgistatud 3) ning seda alla lohistada. Liigutades hiirt üle eelnevalt alla lohistatud ala (joonisel 14 märgistatud 4) peaks ilmuma tol hetkel mõõdetud väärtus .



Joonis 14. Üks võimalik lahendus.

- 1 - Port, millesse andur on ühendatud.
- 2 - Nupp “*Download and Run*”.
- 3 - Mõõtmisel saadud magnetilise põhjapooluse suuna väärtuse ühenduskoht.
- 4 - Alla lohistatud ühenduskoht.

### Tekkida võivad probleemid:

- Anduri andmed ei kuvata arvutis.
  - Andur ei ole ühendatud sellesse porti, millest lugeda üritatakse.
  - Juhtmed ei ole korralikult ühendatud.
  - Programm pole käivitatud.

## 4.2 Ülesanne 2 - Kompassanduri kraadide kuvamine ekraanile

**Tase:** Lihtne

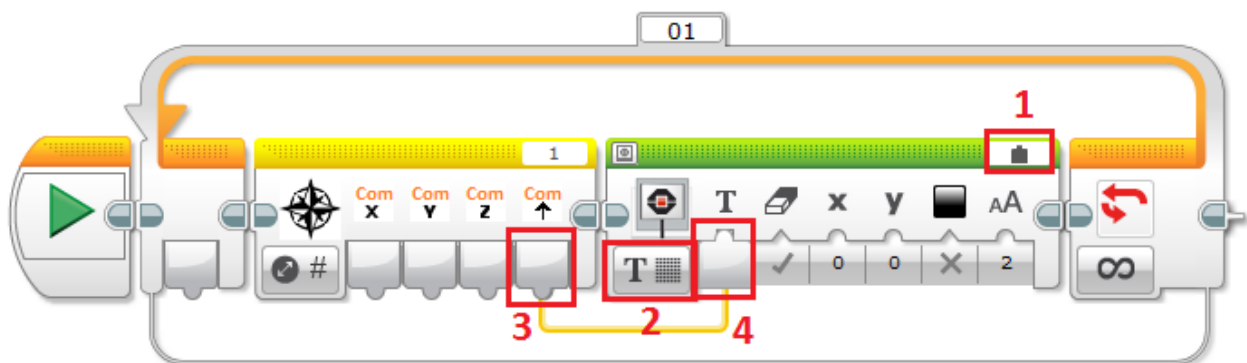
**Ülesande täitmiseks vajalikud vahendid:**

- LEGO Mindstorms EV3 juhtplokk
- Firma Dexter Industries kompassandur
- Kaablid anduri ja juhtploki ühendamiseks
- EV3 arenduskeskkonna tarkvara arvutis

**Ülesande püstitus:** Kuvada anduri poolt tagastatud suund kraadides ekraanile, pidevalt uuendades seda.

**Lahendus:** Lahenduse idee on luua lõpmatu tsükkel, mille sees kompassandur pidevalt edastab mõõdetud andmed ekraani ploki.

Alustuseks tuleb programmeerimisalale lohistada tsükli plokk, ühendades seda algus plokkiga. Tsükli ploki sisse tuleb lohistada kompassanduri plokk ning selle külge “Display” plokk (vt. Joonis 15), mis leidub “Action” kategooria alt. “Display” ploki ülevale paremale nurgale (joonisel 15 märgistatud 1) vajutades tuleb valida “Wired”. Ekraanile kuvatud objekti tüübiks tuleb valida “Text” vajutades tüübi valimis nupule (joonisel 15 märgistatud 2) ning kompassanduri magnetilise suuna väärtuse ühenduskoht (joonisel 15 märgistatud 3) tuleb ühendada “Display” ploki “Text” ühenduskohaga (joonisel 15 märgistatud 4).



Joonis 15. Teise ülesande üks võimalik lahendus.

- 1 - “*Display*” plokki pildiallika valik.
- 2 - Ekraanile kuvatud objekti tüübi valik.
- 3 - Kompassanduri plokki mõõtmisel saadud magnetilise suuna väärtuse ühenduskoht.
- 4 - “*Display*” plokki pildiallika sisendi ühenduskoht.

**Tekkida võivad probleemid:**

- Ekraanile ei kuvata saadud suund.
  - “*Display*” plokki ekraanile kuvatud objekti tüübiks pole valitud “*Text*”.
  - Võimalik, et kuvatakse nähtud piirkonnast väljapoole. “*Display*” plokki koordinaatide x ja y väärtused tuleb panna 0-ks.
  - Andur ei ole ühendatud sellesse porti, millest lugeda üritatakse.
  - Juhtmed ei ole korralikult ühendatud.

### **4.3 Ülesanne 3 - Kompassanduri tagastatud suunaga aritmeetiliste tehete tegemine**

**Tase:** Lihtne

**Ülesande täitmiseks vajalikud vahendid:**

- LEGO Mindstorms EV3 juhtplokk
- Firma Dexter Industries kompassandur
- Kaablid anduri ja juhtplokki ühendamiseks
- EV3 arenduskeskkonna tarkvara arvutis

**Ülesande püstitus:** Muuta anduri poolt tagastatud suunda nii, et tagastatud suunale lisataks 5 kraadi. Nii oleks suund täpsem Eestis deklinatsiooni silma pidades. Tagastatud suund kuvada ekraanile.

**Lahendus:** Lahenduse idee on luua lõpmatu tsükkel, mille sees kompassanduri mõõdetud andmed edastatakse aritmeetiliste operatsioonide plokile, kus muudetakse andmed. Andmed edastatakse ekraani plokile.



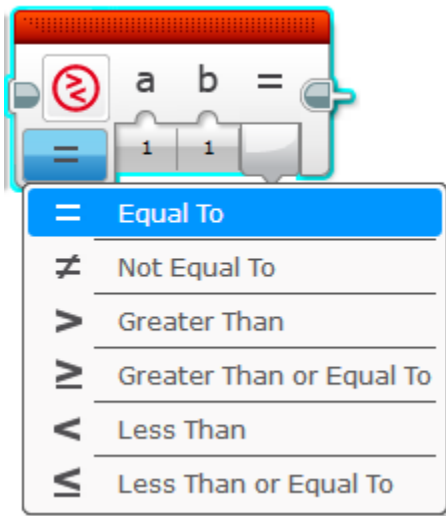


- Kaablid anduri ja juhtplokki ühendamiseks
- EV3 arenduskeskkonna tarkvara arvutis

**Ülesande püstitus:** Kuvada sõltuvalt anduri suunast ekraanile vastava ilmakaare tähe.

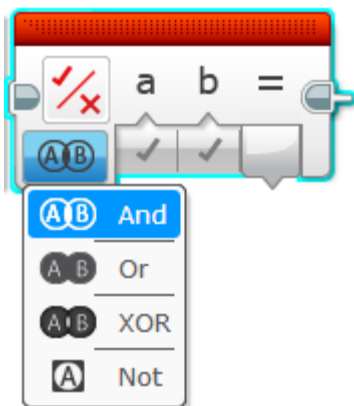
**Lahendus:** Lahenduse idee on luua lõpmatu tsükkel, mille sees kompassanduri mõõdetud andmed edastatakse kahele võrdlus plokile, millest saadud tõeväärtus edastatakse kolmandale võrdlus plokile. Esimesed kaks võrdlus plokki kontrollivad, et anduri edastatud suund kraadides on suurem ning väiksem kui mingi arv, sõltuvalt suunast, mida soovitakse kontrollida. Näiteks ida puhul kontrollitakse, et oleks suurem kui 80 ning väiksem kui 100. Kolmas võrdlus tagastab tõese väärtuse, kui esimesed kaks tingimused on tõesed. Kolmas tõeväärtus edastatakse lülitile, mis kuvab ekraanile mingi ilmakaare tähe, sõltuvalt sellest, mis suunas robot on. Kolm võrdlusplokki ning ekraanile kuvamise plokk tuleb iga 4 suuna jaoks lisada.

Programmeerimisel tuleb lohistada tsükli plokk, ühendades seda algus plokiga. Tsükli plokki sisse tuleb lohistada kompassanduri plokk ning selle külge kaks “*Compare*” plokki, mis leiduvad “*Data Operations*” kategooria alt. Esimese “*Compare*” plokki operatsiooni tüübiks tuleb valida “*Greater than*” (vt. Joonis 17) ning teise “*Compare*” plokki tüübiks “*Less than*”. Kompassanduri suuna ühenduskoht tuleb ühendada mõlema “*Compare*” plokki *a* ühenduskohta ning esimese plokki *b* väärtuseks sisestada -10 ning teise *b* väärtuseks sisestada 10 (vt. Joonis 21). Need plokid hakkavad kontrollima, kas robot on suunatud põhja poole.



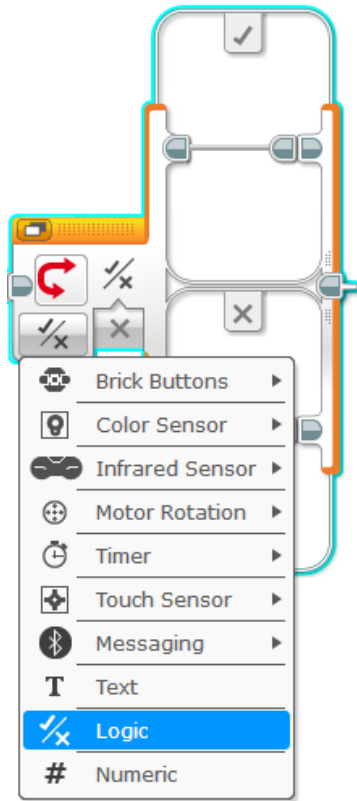
Joonis 17. “Compare” plokki operatsiooni tüübi valik.

Teise “Compare” plokki külge tuleb ühendada “Logic Operations” plokk, mis samuti leidub “Data Operations” kategooria alt. Mõlema “Compare” plokki tulemused tuleb ühendada “Logic Operations” plokki vastavalt  $a$  ja  $b$  ühenduskohtadesse (vt. Joonis 21). “Logic Operations” plokki operatsiooni tüübiks tuleb valida “And” (vt. Joonis 18).



Joonis 18. “Logic Operations” plokki operatsiooni tüübi valik.

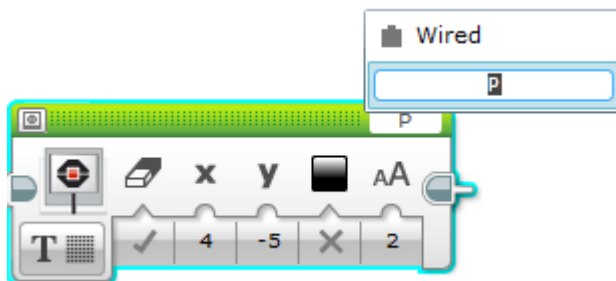
“Logic Operations” plokki külge tuleb ühendada “Switch” plokk, mis leidub “Flow Control” kategooria alt. “Switch” plokki operatsiooni tüübiks tuleb valida “Logic” (vt. Joonis 19). “Logic Operations” plokki tulemus tuleb ühendada “Switch” plokki “Logic” ühenduskohta (vt. Joonis 21).



Joonis 19. “Switch” ploki operatsiooni tüübi valik.

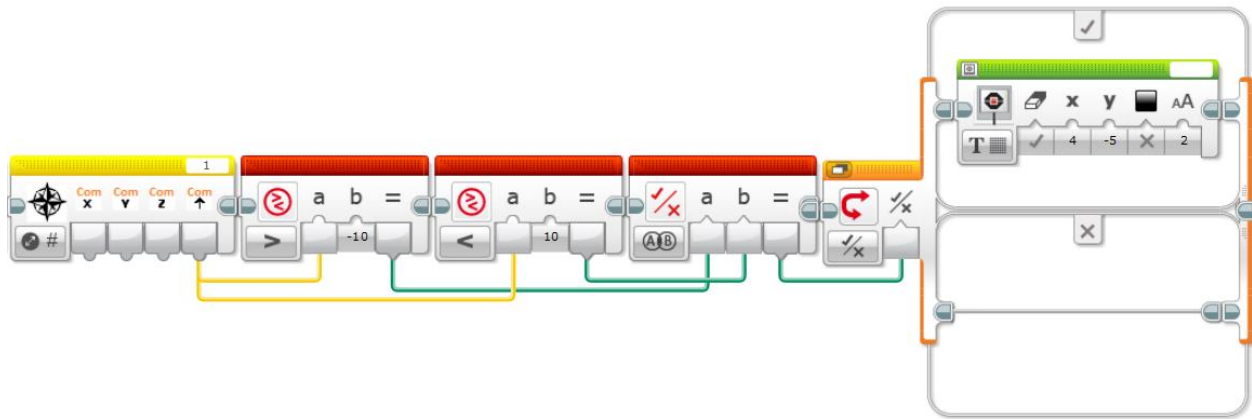
“Switch” ploki ülemisse alasse tuleb lohistada “Display” plokk (vt. Joonis 21).

Mõlemas “Display” ploki tuleb kuvatava objekti tüübiks valida “Text” ning sisestada suunale vastav täht, sel juhul “P” põhja jaoks (vt. Joonis 20).



Joonis 20. “Display” ploki teksti sisestamine.

Eelnevad sammud tuleb korrata iga suuna jaoks, vastavalt muutes siis koordinaadid, mida võrreldakse, suuna jaoks sobivaks ning ekraanile kuvatav täht. Plokid saab kõik üksteise järele lisada tsükli plokkis.



Joonis 21. Neljanda ülesande lahenduse peamine osa.

#### Tekkida võivad probleemid:

- Ekraanile ei kuvata ilmakaared.
  - “Display” ploki ekraanile kuvatud objekti tüübiks pole valitud “Image”.
  - Võimalik, et kuvatakse nähtud piirkonnast väljapoole. “Display” ploki koordinaatide  $x$  ja  $y$  väärtused tuleb panna 0-ks.
  - Andur ei ole ühendatud sellesse porti, millest lugeda üritatakse.
  - Juhtmed ei ole korralikult ühendatud.

## 4.5 Ülesanne 5 - Roboti liigutamine mängija soovitud suunda

**Tase:** Raske

#### Ülesande täitmiseks vajalikud vahendid:

- LEGO Mindstorms EV3 juhtplokk
- Firma Dexter Industries kompassandur
- Kaablid anduri ja juhtploki ühendamiseks
- EV3 arenduskeskkonna tarkvara arvutis
- LEGO klotsid mootoriga roboti ehitamiseks

**Ülesande püstitus:** Mängijalt küsitakse mingi ilmakaare suund ning juhtplokil vastavalt ühele neljast nupule vajutades pöörab robot vastavasse suunda. Võib kokku leppida, et ülemine nupp on põhi, alumine on lõuna jne.

**Lahendus:** Lahenduse idee on luua lõpmatu tsükkel, mille sees alguses kuvatakse ekraanile tekst paludes vajutada ühele juhtplokki nupudele. Juhtplokki 4 nupu ongi sobivad ilmakaare vastandid. Pärast teksti kuvamist on kontroll, mis nupu vajutati, milleks sobib “*Switch*” plokki. Igas harus kontrollitakse loogika plokide abil, kas robot on pööratud vastavasse suunda ning kui ei ole siis robot pöördub kuni ta on.

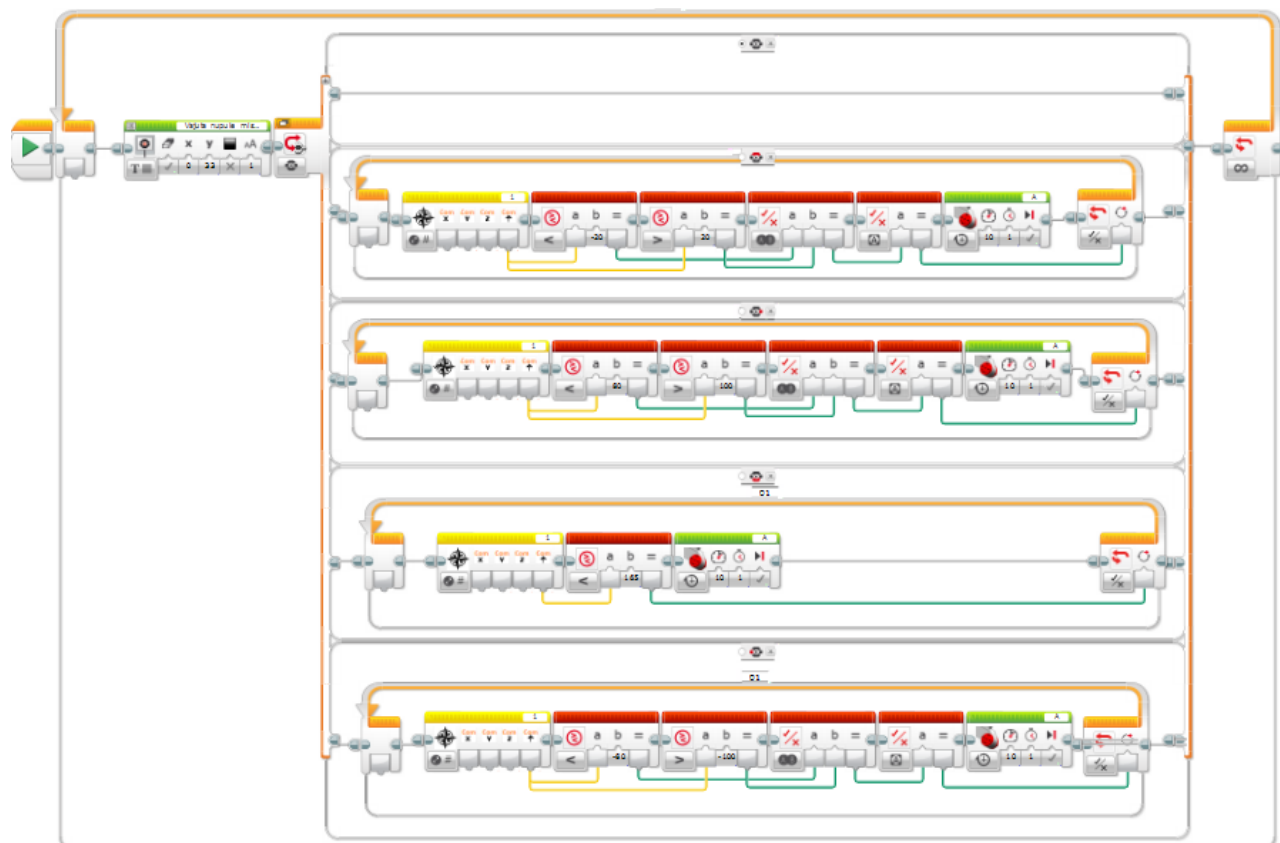
Alustuseks tuleb programmeerimiselale lohistada tsükli plokki, ühendades seda algus plokki. Tsükli plokki sisse tuleb lohistada “*Display*” plokki ning selle külge “*Switch*” plokki. “*Display*” plokki väärtuseks tuleb ise sisestada sobivad juhendid kirjutusalasse, mis tekib plokki ülevale paremale piirkonnale vajutades. “*Switch*” plokki operatsiooni tüübiks tuleb valida “*Brick Buttons*” (vt. Joonis 19).

“*Switch*” plokki tuleb vajutada “*Add case*” kuni iga juhtplokki nupu jaoks on olemas eraldi haru, ning harule vajutades tuleb valida, mis nupu jaoks see on (vt. Joonis 22). Üks harudest las jääb “*Nothing*” sündmuseks (joonisel 22 märgistatud 0) ning see tuleb valida “*Default Case*”-ks. See ongi koht, kus oodatakse mängijalt suunda, ning sõltuvalt, mis nupule vajutati valib programm haru, kuhu edasi liikuda.



vastavalt 1 ja 2) plokki tulemused tuleb ühendada esimese “*Logic operations*” plokki vastavalt *a* ja *b* ühenduskohtadesse ning selle tulemus tuleb ühendada teise “*Logic operations*” plokki *a* ühenduskohta. Teise “*Logic operations*” plokki ühenduskoht tuleb ühendada tsükli plokiga, põhjustades tsükli kordumist nii kaua kuni üks kahest “*Compare*” plokki tingimustest on tõsi.

Teiste harudega tuleb sama teha, muutes ainult koordinaatide arvud võrdlusplokkides.



Joonis 24. Viienda ülesande lahendus.

### Tekkida võivad probleemid:

- Ekraanile ei kuvata algsed juhendid.
  - “*Display*” plokki ekraanile kuvatav objekt tüübiks pole valitud “*Text*”.
  - Võimalik, et kuvatakse nähtud piirkonnast väljapoole. “*Display*” plokki koordinaatide *x* ja *y* väärtused tuleb panna 0-ks.
  - Andur ei ole ühendatud sellesse porti, millest lugeda üritatakse.
  - Juhtmed ei ole korralikult ühendatud.

- Robot ei liigu pärast nupule vajutamist
  - Mootorite juhtmed pole juhtploki ühendatud.
  - Mootori ei ole ühendatud sellesse porti, mis on mootori plokkis valitud.

## 4.6 Ülesanne 6 - Roboti suuna ära arvamine

**Tase:** Raske

**Ülesande täitmiseks vajalikud vahendid:**

- LEGO Mindstorms EV3 juhtplakk
- Firma Dexter Industries kompassandur
- Kaablid anduri ja juhtploki ühendamiseks
- EV3 arenduskeskkonna tarkvara arvutis
- LEGO klotsid mootoriga roboti ehitamiseks

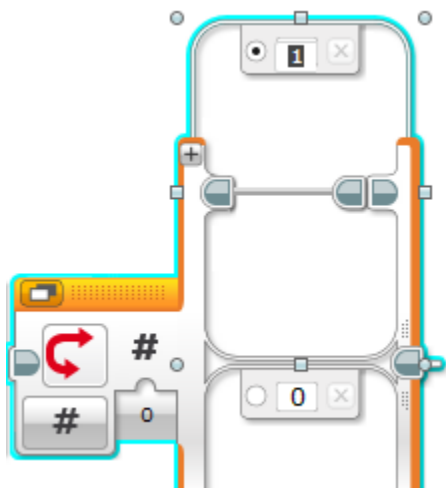
**Ülesande püstitus:** Robot pöörduv mingisse ilmakaare suunda ning mängija peab ära arvama suuna juhtplokil vastavatele nupudele vajutades.

**Lahendus:** Lahenduse idee on alguses genereerida arv vahemikus 1-4, salvestada see ning edastada see “*Switch*” plokile, mis sõltuvalt arvust liigutab roboti mingisse suunda. Pärast roboti peatumist tuleb mängijal vajutada ühele juhtploki nupule. Võib kokku leppida, et 1 - põhi - ülemine nupp, 2 - ida - parem nupp, jne. Roboti liikumine on sama moodi tehtud nagu ülesandes 5.

Alustuseks tuleb programmeerimisalale lohistada “*Random*” plakk, ühendades seda algus plakkiga. Ploki väärtusteks tuleb valida 1 ja 4. Ploki külge tuleb lohistada “*Variable*” plakk ning lisada uus muutuja vajutades “*Add variable*” ploki paremal nurgal. “*Random*” ploki tulemus tuleb ühendada “*Variable*” ploki ühenduskohaga. Nende külge tuleb lisada “*Switch*” plakk ning selle operatsiooni tüübiks panna “*Numeric*” (vt. Joonis 19). Siin valitakse suvaliselt üks arv ning sõltuvalt sellest pöörduv robot mingisse suunda.



“Switch” plokil tuleb vajutada “Add case” kuni 4 arvu jaoks on olemas eraldi haru, ning harule vajutades tuleb valida, mis arvu jaoks see on (vt. Joonis 25).

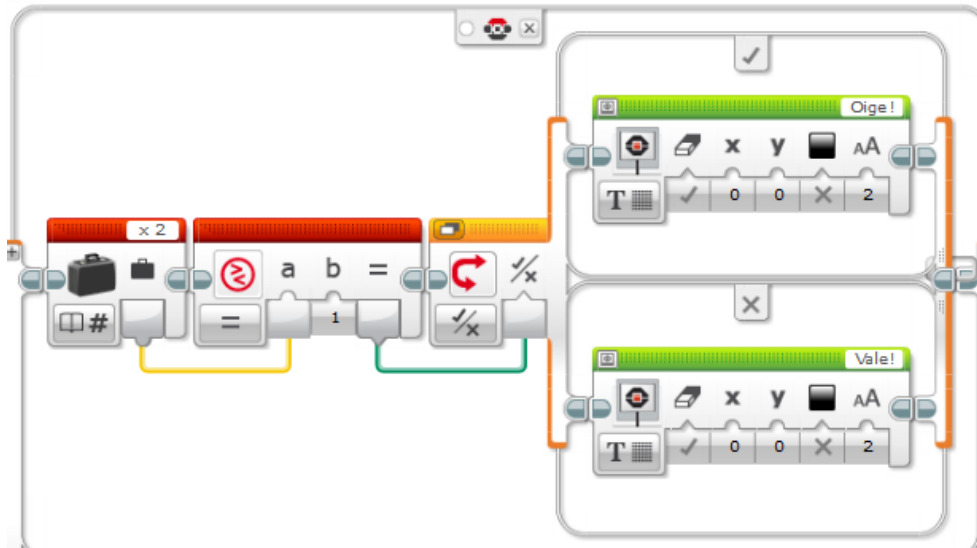


Joonis 25. “Switch” ploki harude arvude seadmine.

Igase harusse tuleb panna sama tsükel, mis mõjutab roboti pöördumist, nagu ülesandes 5 (vt. Joonis 23).

“Switch” ploki külge tuleb lisada “Display” plokk, seadistades selle väärtuseks küsimuse mängija jaoks (vt. Joonis 20). “Display” ploki külge tuleb lisada veel tsükli plokk ning selle sisse veel üks “Switch” plokk. “Switch” ploki operatsiooni tüübiks panna “Brick Buttons” (vt. Joonis 19). “Switch” plokil tuleb vajutada “Add case” kuni iga juhtploki nupu jaoks on olemas eraldi haru, ning harule vajutades tuleb valida, mis nupu jaoks see on (vt. Joonis 22). Üks harudest las jääb “Nothing” sündmuseks ning see tuleb valida “Default Case”-ks. See ongi koht, kus oodatakse mängijalt vastust, ning sõltuvalt, mis nupule vajutati valib programm haru, milesse edasi liikuda.

Igase harusse v.a “Nothing” tuleb lohistada “Variable” plokk, “Compare” plokk ning “Switch” plokk (vt. Joonis 26), millesse mõlemasse kohta tuleb lisada “Display” plokk. Selle mõte on edastada alguses salvestatud number ning kontrollida, kas mängija arvas õigesti.



Joonis 26. Ülesande 6 lahenduse ühe haru plokid.

“*Variable*” plokk operatsiooni tüübiks tuleb valida “*Read*” ning tuleb ühendada selle väärtus “*Compare*” ploki *a* ühenduskohta (vt. Joonis 26). “*Compare*” ploki *b* väärtus sõltub harust, ülemise nupu haru korral on see 1, sest ülesande püstituses lepiti kokku, et 1 = põhi = ülemine nupp. “*Compare*” ploki tulemus tuleb ühendada “*Switch*” ploki ühenduskohaga. “*Display*” plokide ülemise haru väärtuseks tuleb panna nt. “Õige!” ning alumise oma jaoks nt. “Vale!” (vt. Joonis 20). See kuvab ekraanile vastavalt sellele, kas mängija arvas õigesti “Õige!” või “Vale!” (vt. Joonis 26).

## 5. Kokkuvõte

Käesoleva bakalaureusetöö eesmärgiks oli tutvuda firma Dexter Industries poolt LEGO Mindstorm EV3 komplekti jaoks loodud kompassanduriga ning kirjutada selle kasutamisega abistamiseks eestikeelne õppematerjal koolide jaoks.

Töö loomisel on järgitud ühtset struktuuri sarnastel teemadel kirjutatud bakalaureusetöödega. Töö koosneb kolmest peamisest osast. Esimeses osas tutvustati erinevaid tüüpe kompasse ja selgitati magnetkompasside tööpõhimõtte. Teises osas tutvustati firma Dexter Industries poolt LEGO Mindstorms EV3 komplekti jaoks loodud kompassandurit ning kirjeldati selle kasutamist koos LEGO Mindstorms EV3 komplektiga, samuti anti ülevaade anduri programmeerimisest EV3 arenduskeskkonnas. Töö kolmandas osas pakuti välja kuus erineva raskustasemega ülesannet, mis aitavad kompassanduri kasutamise ning EV3 programmeerimise õppimisel. Ülesannetega on kaasas lahendused ning selgitused.

Bakalaureusetöö kirjutamise käigus sai autor lisakogemusi tänapäevaste LEGO Mindstorms robotitega ning nende programmeerimisega, uusi teadmisi kompasside valdkonnas ning samuti arendada eneseväljendusoskust kirjutamise teel.

## 6. Kasutatud kirjandus

- [1] Eesti Loodus ajakiri, "Kuidas kasutada kompassi". [Online].  
[http://www.loodusajakiri.ee/eesti\\_loodus/artikkel811\\_787.html](http://www.loodusajakiri.ee/eesti_loodus/artikkel811_787.html) (viimati vaadatud 13.05.2014)
- [2] Wikipedia, "Gyrocompass". [Online].  
<http://en.wikipedia.org/wiki/Gyrocompass> (viimati vaadatud 13.05.2014)
- [3] Marshall Brain. "The Gyroscopic Compass". [Online].  
<http://adventure.howstuffworks.com/outdoor-activities/hiking/compass3.htm> (viimati vaadatud 13.05.2014)
- [4] "The Gyroscopic Compass". [Online].  
<http://www.horisont.ee/node/49> (viimati vaadatud 13.05.2014)
- [5] Joonis 1. GYROKOMPASSI LÄBILÕIGE. [Online].  
[http://en.wikipedia.org/wiki/Gyrocompass#/media/File:Kreiselkompass\\_Schnitt\\_Anschütz.jpg](http://en.wikipedia.org/wiki/Gyrocompass#/media/File:Kreiselkompass_Schnitt_Anschütz.jpg) (viimati vaadatud 13.05.2014)
- [6] Wikipedia, "Magnet". [Online].  
<http://en.wikipedia.org/wiki/Magnet> (viimati vaadatud 13.05.2014)
- [7] Anastassia Soikonen, "LEGO MINDSTORMS NXT: Vernier magnetvälja andur" 2009.
- [8] Vikipeedia, "Maa magnetväli". [Online].  
[http://et.wikipedia.org/wiki/Maa\\_magnetväli](http://et.wikipedia.org/wiki/Maa_magnetväli) (viimati vaadatud 13.05.2014)
- [9] Marshall Brain. "Earth's Magnetic Field". [Online].  
<http://adventure.howstuffworks.com/outdoor-activities/hiking/compass1.htm> (viimati vaadatud 13.05.2014)
- [10] Wikipedia, "North Magnetic Pole". [Online].  
[http://en.wikipedia.org/wiki/North\\_Magnetic\\_Pole](http://en.wikipedia.org/wiki/North_Magnetic_Pole) (viimati vaadatud 13.05.2014)
- [11] Richard A. Lovett. (2009, December) "North Magnetic Pole Moving Due to Core Flux". [Online].  
<http://news.nationalgeographic.com/news/2009/12/091224-north-pole-magnetic-russia-earth-core.html> (viimati vaadatud 13.05.2014)
- [12] R. T. Merrill, M.W. McElhinny and P. L. McFadden, "The magnetic field of the earth: paleomagnetism, the core, and the deep mantle," *Academic Press*, vol. 63, pp. 305-339, 1996.

- [13] Joonis 2. Maakera ning teda ümbritsev magnetväli. [Online].  
[http://en.wikipedia.org/wiki/Magnetic\\_field#/media/File:Earths\\_Magnetic\\_Field\\_Confusion.svg](http://en.wikipedia.org/wiki/Magnetic_field#/media/File:Earths_Magnetic_Field_Confusion.svg)  
(viimati vaadatud 13.05.2014)
- [14] Wikipedia, "Magnetic field". [Online].  
[http://en.wikipedia.org/wiki/Magnetic\\_field](http://en.wikipedia.org/wiki/Magnetic_field) (viimati vaadatud 13.05.2014)
- [15] Joonis 3. Magneti magnetväli. [Online].  
<http://www.flickr.com/photos/daynoir/2181294218> (viimati vaadatud 13.05.2014)
- [16] Wikipedia, "Compass". [Online].  
<http://en.wikipedia.org/wiki/Compass> (viimati vaadatud 13.05.2014)
- [17] Joonis 4. Magnetkompass. [Online].  
[http://en.wikipedia.org/wiki/Compass#/media/File:Kompas\\_Sofia.JPG](http://en.wikipedia.org/wiki/Compass#/media/File:Kompas_Sofia.JPG) (viimati vaadatud 13.05.2014)
- [18] Joonis 5. Näide magnetilisest deklinatsioonist. [Online].  
[http://en.wikipedia.org/wiki/Magnetic\\_declination#/media/File:Magnetic\\_declination.svg](http://en.wikipedia.org/wiki/Magnetic_declination#/media/File:Magnetic_declination.svg)  
(viimati vaadatud 13.05.2014)
- [19] Alan Edelstein, "Advances in magnetometry," *J. Phys*, vol. 19, pp. 28, 2007.
- [20] Steven A. Macintyre, "Magnetic field measurement," *ENG Net Base*, 2000.
- [21] Wikipedia, "Magnetometer". [Online].  
<http://en.wikipedia.org/wiki/Magnetometer> (viimati vaadatud 13.05.2014)
- [22] Joonis 7. Modernne magnetomeeter inimese näpul. [Online].  
<http://www.flickr.com/photos/oskay/4580556955> (viimati vaadatud 13.05.2014)
- [23] Dexter Industries User Manual Wiki. [Online].  
<http://www.dexterindustries.com/manual/lego-mindstorms-sensors/dcompass/> (viimati vaadatud 13.05.2014)
- [24] EV3 Software download. [Online].  
<http://www.lego.com/en-us/mindstorms/downloads/download-software> (viimati vaadatud 13.05.2014)
- [25] Dexter Industries. [Online].  
<http://www.dexterindustries.com/site/?features=ev3> (viimati vaadatud 13.05.2014)

# **LEGO Mindstorms EV3 compatible compass sensor**

Bachelor's thesis (9 ECP)

Silver Mazko

## **Summary**

The aim of this bachelor thesis was to create learning material in Estonian for the LEGO Mindstorms EV3 compatible Dexter Industries' compass sensor for teachers and students. This thesis gives an overview of compasses in general, explains how to use the compass sensor with the LEGO Mindstorms EV3 robotics kit and contains exercises aimed at teaching the usage of the sensor and EV3 programming in general.

This thesis uses a structure similar to previous works written on third party sensors for LEGO Mindstorms robots with the same aims. The thesis consists of three main parts.

The first part gives an overview of different types of compasses and magnetometers, and explains how magnetcompasses work. The second part of the thesis introduces the Dexter Industries' compass sensor. Sensor specifications and instructions on how to connect and program the sensor in the EV3 programming environment are given. The third part has exercises of different difficulty levels, with the aim of providing interesting exercises to aid with the learning of programming in the EV3 programming environment and the usage of the compass sensor. Every exercise also contains a list of needed equipment, level of complexity, possible problems. Each exercise also includes one possible solution described in detail.

## Lisad

### I. Tööga kaasas olevate ülesannete lahenduste failid

Tabelis 1 on toodud peatükis 4 olevate ülesannete lahenduste failid koos kommentaariga.

| Faili nimi | Kommentaar                       |
|------------|----------------------------------|
| Yl1.ev3    | Esimese ülesande näitelahendus.  |
| Yl2.ev3    | Teise ülesande näitelahendus.    |
| Yl3.ev3    | Kolmanda ülesande näitelahendus. |
| Yl4.ev3    | Neljanda ülesande näitelahendus. |
| Yl5.ev3    | Viienda ülesande näitelahendus.  |
| Yl6.ev3    | Kuuenda ülesande näitelahendus.  |

Tabel 1. Ülesannete lahenduste failid

## II. Litsents

### **Lihtlitsents lõputöö reprodutseerimiseks ja lõputöö üldsusele kättesaadavakstegemiseks**

Mina **Silver Mazko** (sünnikuupäev: 29.05.1993)

1. annan Tartu Ülikoolile tasuta loa (lihtlitsentsi) enda loodud teose  
**LEGO Mindstorms EV3 komplektiga ühilduv kompassandur**, mille juhendajad on Anne Villems ja Taavi Duvin,
  - 1.1. reprodutseerimiseks säilitamise ja üldsusele kättesaadavaks tegemise eesmärgil, sealhulgas digitaalarhiivi DSpace-is lisamise eesmärgil kuni autoriõiguse kehtivusetähtaja lõppemiseni;
  - 1.2. üldsusele kättesaadavaks tegemiseks Tartu Ülikooli veebikeskkonna kaudu, sealhulgas digitaalarhiivi DSpace'i kaudu kuni autoriõiguse kehtivuse tähtjalõppemiseni.
2. olen teadlik, et punktis 1 nimetatud õigused jäävad alles ka autorile.
3. kinnitan, et lihtlitsentsi andmisega ei rikuta teiste isikute intellektuaalomandi egaisikuandmete kaitse seadusest tulenevaid õigusi.

Tartus, **14.05.2015**